

**INDUCTANCE ELEMENT**

Patent Number: JP11354344  
Publication date: 1999-12-24  
Inventor(s): YAMAMOTO KATSUTOSHI;; TAWARA KAZUNORI  
Applicant(s): HITACHI FERRITE DENSHI KK;; HITACHI KINZOKU MAGTEC KK  
Requested Patent: ☐ JP11354344  
Application Number: JP19990098196 19990405  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01F38/02; H01F1/08; H01F17/04; H01F19/08  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce inserting loss, to stabilize the electric characteristic for a long period and to facilitate assembling by using a heat resistant bond magnet, which specifies electric resistance or specifies the change of the irreversible demagnetization factor at the specified temperature with a permanent magnet.

**SOLUTION:** An inductor element is constituted of magnetic cores 2 and 3 comprising EI soft magnetic material, a heat resistant bond magnet 1, which is arranged at the gap part of the magnetic cores, and a coil which is wound around the magnetic core. The heat resistant bond magnet 1 is manufactured by binding R-T-M-B-N based (R is one or more kinds of any of rare-earth elements including Y, and T is Fe or Fe, wherein a part is displaced into Co and/or Ni) magnetic powder with binder. Furthermore, the electric resistance of the heat resistant bond magnet 1 is set at 0.01-0.05  $\Omega$  cm, or the irreversible demagnetization-rate change from 0 deg.C to 120 deg.C is set within 2%. Furthermore, the 50 atom.% or more of the R component of the bond magnet is set to Sm, and the high coercive force is obtained. Furthermore, the average particle diameter of the magnetic powder is set in the range of 10-120  $\mu$ m.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

4-1777(P)  
T-9303

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354344

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	F I
H 0 1 F 38/02		H 0 1 F 37/02
1/08		17/04 F
17/04		19/08
19/08		1/08 A

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 5 頁)

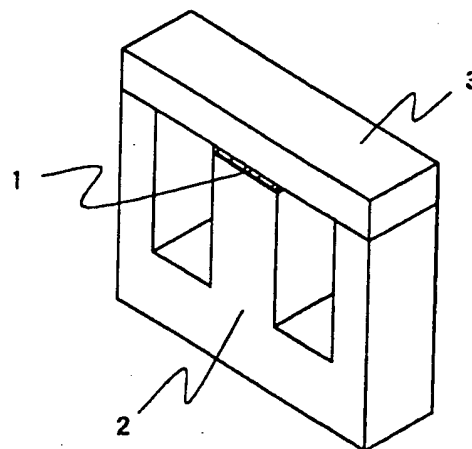
(21) 出願番号	特願平11-98196	(71) 出願人	000110240 日立フェライト電子株式会社 鳥取県鳥取市南栄町26番地1
(22) 出願日	平成11年(1999)4月5日	(71) 出願人	393027039 日立金属マグテック株式会社 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地
(31) 優先権主張番号	特願平10-111547	(72) 発明者	山本 勝敏 群馬県甘楽郡甘楽町大字善慶寺505番地1 日立フェライト電子株式会社関東工場内
(32) 優先日	平10(1998)4月6日	(72) 発明者	田原 一憲 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属マ グテック株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 インダクタンス素子

(57) 【要約】

【目的】 挿入損失が小さく、長期的に電気的特性が安定し、組立が容易なインダクタンス素子を提供する。

【構成】 インダクタンス素子の磁気回路を構成するE I 形状の軟磁性材料からなる磁心2、3と前記磁心の空隙部に配置した電気抵抗が高く、不可逆減磁率が小さい耐熱性ボンド磁石1と前記磁心に巻回したコイル（図示せず）からなり、前記コイルによる直流磁界と反対方向に前記耐熱性ボンド磁石1による磁気バイアスが印加されるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁心空隙に磁気バイアスを与える永久磁石を配置するインダクタンス素子であって、前記永久磁石は電気抵抗が0.01~0.05Ωcm、また、0℃から120℃の不可逆減磁率変化が2%以内の耐熱ボン

ド磁石であることを特徴とするインダクタンス素子。  
【請求項2】 ボンド磁石はR-T-B-Nb系(RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe)磁石粉末を高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバ

インダーで結合した希土類ボン

ド磁石であることを特徴とする請求項1記載のインダクタンス素子。

8 ≤ α ≤ 15

4 ≤ β ≤ 8

0.1 ≤ γ ≤ 2

【請求項4】 ボンド磁石はR-T-M-B-N系(RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe、MはAl、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Ga、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wのいずれか1種又は2種以上)磁石粉末を高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバ

インダーで結合した希土類ボン

ド磁石であることを特徴とする請求項1記載のインダクタンス素子。

【請求項5】 ボンド磁石は成分組成がR<sub>α</sub>T

100-(α+β+γ+δ)M<sub>β</sub>B<sub>γ</sub>N<sub>δ</sub>であり、前記RはYを含めた希土類元素のいずれか1種または2種以上であり、TはFeまたは一部をCo及び/又はNiに置換したFe、前記MはAl、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Ga、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wのいずれか1種または2種以上からなり、前記α、β、γ、δは原子百分率で下記の範囲にある希土類磁石材料の粉末を、高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバ

インダーで結合した希土類ボン

ド磁石からなることを特徴とする請求項1、請求項4記載のインダクタンス素子。

5 ≤ α ≤ 18

1 ≤ β ≤ 50

0.1 ≤ γ ≤ 5

4 ≤ δ ≤ 30

【請求項6】 希土類ボン

ド磁石のR成分の50原子%以上がSmであることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載のインダクタンス素子。

【請求項7】 希土類磁性粉末の平均粒径が10~12

0μmの範囲にあることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれかに記載のインダクタンス素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁心空隙に永久磁石を配置して該磁石により直流重畳特性を向上させるインダクタンス素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に変成器やチョークコイル等のインダクタンス素子では直流に交流が重畳されるので、直流磁界による磁気飽和を避けるため磁心に空隙を設けている。しかしながら更に大きな直流重畳へ対応するには、磁心形状の大型化、空隙寸法の拡張、コイル巻回数増となり、その結果、インダクタンス素子も大型化してしまう。そこで、磁心の空隙に永久磁石を配置し、直流磁界を打ち消すように予め磁気バイアスを与えて磁心の特性を有効に利用しようとするインダクタンス素子(第1の従来例)が提案されている。前記永久磁石は必要とする磁気バイアスの大きさ、及びインダクタンス素子のコイルによる減磁界の大きさによって適宜選択されるが、スイッチング電源などで使用するインダクタンス素子には、大きな磁気バイアスが要求されるので、通常は残留磁束密度と保磁力がともに大きな希土類コバルト磁石が使用される。

【0003】また特開昭50-4570号公報には、磁心の空隙に配置する希土類コバルト磁石を複数個に分割したインダクタンス素子(第2の従来例)が記載されている。

【0004】また特開昭50-133453号公報には、磁心の空隙に配置する永久磁石として、粉碎した希土類コバルト磁石片を絶縁物と混合し、圧縮成形してなるボン

ド磁石を使用したインダクタンス素子(第3の従来例)が記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】第1の従来例では磁心の空隙に永久磁石(希土類コバルト磁石)を配置しているが希土類コバルト磁石は、電気抵抗が10<sup>-5</sup>Ωcm程度と極めて小さいため渦電流損失が大きくなり、発熱を起こした。この発熱に伴い磁心の温度が上昇するので磁心の磁気特性が変化し、インダクタンスが減少するなどインダクタンス素子としての特性が著しく低下させた。

【0006】第2の従来例では、磁心の空隙に配置する永久磁石を複数個に分割することにより、各部分の交流磁界を永久磁石が一体である場合よりも減少させ渦電流損失を減少させることが可能である。しかしながら複数個の永久磁石を各永久磁石の磁化方向をそろえて磁心の空隙に配置しようとするには、永久磁石の同極どうしが反発しあうので、所定のスペースにおさめられなかったり、あるいは永久磁石どうしが重なりあったりして、インダクタンス素子の組立に多大な工数を要する。

【0007】第3の従来例では、磁心の空隙に粉碎した永久磁石片と絶縁物とを混合し圧縮成形してなるボンド磁石を配置することにより、渦電流損失を小さくするとともに永久磁石の磁心空隙への配置を容易化できるとしている。しかしながら従来のボンド磁石は、各磁石粉末の粒径が略3~5 $\mu\text{m}$ と小さく、また成形時に生じる割れによって磁石表面が露出し、これに起因する磁石粉末の酸化や、前記磁石粉末と絶縁物との反応により磁気特性が低下し、特に高温環境下では磁気特性の劣化が著しかった。インダクタンス素子の使用環境によっても異なるが、前記ボンド磁石は環境温度が50℃前後であれば、インダクタンス素子の自己温度上昇により100℃前後にもなる。このような温度では、前記ボンド磁石の磁気特性は数百時間で劣化する。このため該ボンド磁石を用いた従来のインダクタンス素子は長期信頼性を欠き、実用に供し得ないものであった。

【0008】本発明は上述の問題点を解決するためになされたもので、挿入損失が小さく、長期的に電氣的特性が安定し、組立が容易なインダクタンス素子を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁心空隙に磁気バイアスを与える永久磁石を配置するインダクタンス素子であって、前記永久磁石は電氣抵抗が0.01~0.05 $\Omega\text{cm}$ 、また、0℃から120℃の不可逆減磁率変化が2%以内の耐熱ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。

【0010】また本発明は、ボンド磁石はR-T-B-Nb系(RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe)磁石粉末を高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバインダーで結合した希土類ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。

【0011】前記ボンド磁石の組成成分が $R_{\alpha}T_{100-(\alpha+\beta+\gamma)}B_{\beta}Nb_{\gamma}$ であり、RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFeからなり、前記 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は原子百分率で下記の範囲にある希土類磁性粉末を高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバインダーで結合した希土類ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。

$$8 \leq \alpha \leq 15$$

$$4 \leq \beta \leq 8$$

$$0.1 \leq \gamma \leq 2$$

【0012】また本発明は、ボンド磁石はR-T-M-B-N系(RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe、MはAl、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Ga、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wのいずれか1種又は2種以上)磁石粉末を高分子重合体、純金

属、合金のいずれかのバインダーで結合した希土類ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。

【0013】上記ボンド磁石は成分組成が $R_{\alpha}T_{100-(\alpha+\beta+\gamma+\delta)}M_{\beta}B_{\gamma}N_{\delta}$ であり、前記RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上であり、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe、前記MはAl、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Ga、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wのいずれか1種又は2種以上からなり、前記 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ は原子百分率で下記の範囲にある希土類磁石材料の粉末を、高分子重合体、純金属、合金のいずれかのバインダーで結合した希土類ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。

$$5 \leq \alpha \leq 18$$

$$1 \leq \beta \leq 50$$

$$0.1 \leq \gamma \leq 5$$

$$4 \leq \delta \leq 30$$

【0014】本発明に用いる希土類ボンド磁石のR成分の50原子%以上好ましくは70%以上をSmとするインダクタンス素子である。

【0015】また本発明は、希土類磁性粉末の平均粒径が10~120 $\mu\text{m}$ の範囲の希土類ボンド磁石を用いたインダクタンス素子である。更に好ましい希土類磁性粉末の平均粒径は、50~60 $\mu\text{m}$ である。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明に係るインダクタンス素子を図1を用いて説明する。図1は本発明の一実施例に係るインダクタンス素子の斜視図である。本発明に係るインダクタンス素子は磁気回路の一部に空隙を有し、例えばEI形状の軟磁性材料からなる磁心2、3と前記磁心の空隙部に配置した耐熱ボンド磁石1と前記磁心に巻回したコイル(図示せず)からなり、前記コイルによる直流磁界と反対方向に前記耐熱性ボンド磁石1による磁気バイアスが印加されるように構成されている。

【0017】前記磁心はインダクタンス素子の特性の点から、例えばMn-Znフェライトのような、飽和磁束密度Bsが450mT以上の軟磁性材料で形成することが望ましい。

【0018】耐熱ボンド磁石は、電氣抵抗、不可逆減磁率を向上させたR-T-B-Nb系(RはYを含めた希土類元素の内の少なくとも1種、TはFe又は一部をCoで置換したFe)磁石粉末、R-T-M-B-N系(RはYを含めた希土類元素のいずれか1種又は2種以上、TはFe又は一部をCo及び/又はNiに置換したFe、MはAl、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Ga、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、Wのいずれか1種又は2種以上)磁石粉末をバインダーで結着して作製する。

【0019】前記により第1の従来例と比べ前記耐熱ボンド磁石の電氣抵抗は著しく大きくなり、第2の従来例のような永久磁石の分割といった手段を用いなくとも渦

電圧損失を小さくでき、インダクタンス素子の挿入損失を減少させることができるとともに、耐熱性ボンド磁石の磁心空隙への配置を容易化する。また不可逆減磁率の減少により、高温環境下での信頼性に優れたインダクタンス素子を得ることができる。

【0020】なお、磁石粉末を結着するバインダーとしては、高分子重合体としてはエポキシ樹脂やフェノール樹脂に等に代表される熱硬化樹脂又はポリアミド樹脂、E E A樹脂等の熱可塑樹脂又は合成ゴム、天然ゴムなどをいれればよいが、インダクタンス素子環境温度、更には、フロー、リフローといったはんだ付けによる軟化又は劣化が発生しないバインダーを用いるのが好ましい。

【0021】またボンド磁石のR成分の50原子%以上好ましくは70%以上をSmとして高い保磁力を得て、インダクタンス素子のコア磁路に発生する磁束による減磁を抑制でき、インダクタンス素子の電気特性を向上させ、更なる高電流化に対応することができる。

【0022】磁気特性は磁性粉末粒径に起因する特性が多く、小さ過ぎると酸化による品質劣化及び成形性劣化となり、大き過ぎると窒化処理が不十分となるので、磁性粉末の平均粒径が10~120 $\mu$ mの希土類ボンド磁石を用いて安定した特性の得られるインダクタンス素子となる。また、更なる安定特性を得るためには磁性粉末の平均粒径が40~50 $\mu$ mとするがよい。

【0023】

【実施例】（実施例1）初めに耐熱ボンド磁石の作製方法について説明する。まず磁石粉末として原子%表示でNd<sub>11.5</sub>Fe<sub>80.7</sub>B<sub>6</sub>N<sub>b1.8</sub>の組成を有するMQI（マグネクエンチインターナショナル）社製のMQP-O材を用い、パンタムミルにて平均粒度110 $\mu$ mに粉碎した。この粉碎粉に対して日本ユニカー社製シランカップリング材を0.25重量%添加し表面処理を施した。次いで、油化シェル社製ビスフェノール型エポキシ樹脂（エピコート807）と芳香族アミン硬化剤であるDDS（ジアミノジフェニルスルホン）とのバインダー混合物を総量で前記表面処理粉末対比2.6wt%（E807:DDS=100:43.2）になるよう秤量し、その樹脂部混合物を2回にわけて前記磁石粉末又は混練物に添加混合し二軸混練機で混練する。まず、1回目の混練で樹脂部総量2.6wt%の内の80%を前記磁石\*40

\*粉末と混練し、この混練物を150℃×1時間で1次加熱硬化処理を行った。続いて、2回目の混練時に樹脂部の残り20%を添加し混練後、120℃×1時間で2次加熱硬化処理を行い、次いで所定の成形金型に充てんし無磁場で圧縮成形した。得られた等方性のボンド磁石成形体に本加熱硬化処理（大気中180℃×1時間後、190℃×4時間）を施し5.8mm×5.8mm×0.48mmの耐熱ボンド磁石1を得た。

【0024】Mn-ZnフェライトからなるEI22コア（日立金属社製 材質SB-5材ギャップ0.6mm）のE型コア2の中央脚に測定用コイルを組み込み、前記耐熱性ボンド磁石1を磁化の方向が磁心を流れる直流電流の磁界方向とは逆方向となるように接着し、I型コア3と組み合わせてインダクタンス素子を作製し、その損失を測定した。なお前記測定用コイルには、1次巻線として線径 $\phi$ 0.4の線材を36回巻回し、2次巻線として線径 $\phi$ 0.4の線材を36回巻回している。

【0025】（比較例1）外形寸法が2mm×2mm×0.3mmの角板状に形成した希土類コバルト磁石（日立金属社製H18B）を6個使用し、実施例1と同様の条件でインダクタンス素子を作製した。なお希土類コバルト磁石の磁力は外形寸法によって実施例1の耐熱ボンド磁石と略等しくしている。以下実施例1と同様なのでその説明を省く。

【0026】（比較例2）永久磁石を有しない構成である以外は実施例1と同様の条件でインダクタンス素子を作製した。以下実施例1と同様なのでその説明を省く。

【0027】上記実施例及び比較例のインダクタンス素子の挿入損失をBHアナライザ（岩崎通信機社製 型番:SY8232）を用いて室温で挿入損失を測定した。測定は測定周波数が20kHzから200kHzで、磁束密度Bmを20mTとし、次式で得られる電圧を設定電圧（Vrms）とした条件で行った。

$$V_{rms} = 4.44 \times B_m \times S \times N \times f$$

ここで、Bm:磁束密度(T)、S:コア断面積(m<sup>2</sup>)、N:コイルの巻数(ターン)、f:周波数(Hz)である。以上によって得た結果を表1に示す。

【0028】

【表1】

	No.	測定磁束密度 (Bm)	測定周波数			
			20kHz	50kHz	100kHz	200kHz
実施例1	1	20mT	1.38mV	6.83mV	24.0mV	59.5mV
比較例1	2		11.7mV	44.4mV	135mV	397mV
比較例2	3		0.94mV	5.34mV	20.6mV	46.8mV

【0029】ここで比較例2の試料の挿入損失は磁心の損失を表している。表1から磁気バイアスを与える永久磁石を耐熱性ボンド磁石とした実施例1の試料は、前記永久磁石を小片化した希土類コバルト磁石とした比較例

1の試料と比べ著しく低損失であり、比較例2に示す磁心の損失と同程度の挿入損失であることがわかる。

【0030】（比較例3）5.8mm×5.8mm×0.48mmの角板状に形成したネオジウムボンド磁石

(日立金属工業HB-081)を用いた以外は実施例1と同様にインダクタンス素子を形成した。以下実施例1と同様なので説明を省く。

【0031】このようにして得られた比較例3のインダクタンス素子を実施例1のインダクタンス素子とともに温度100℃、恒温槽中に2000時間放置し高温試験を実施した。試験前と試験開始後500時間、1000時間、2000時間経過後恒温槽からインダクタンス素子を取り出し、該インダクタンス素子を室温中に24時間放置した後、直流重畳インダクタンスを室温状態で測定し評価した。その結果を図2に示す。図2は高温試験500時間後のインダクタンス素子の直流重畳特性である。測定条件はJIS C2514の直流重畳インダクタンスの測定条件に従い、測定回路は供試コイルに直流重畳した場合とした。なお実施例1及び比較例3のインダクタンス素子は室温状態で直流電流3Aで直流重畳インダクタンスが150μHとなるように設計されている。

【0032】図2から実施例1のインダクタンスは高温試験前後でインダクタンスの劣化は生じず、図2に示した直流重畳特性と変化なかった。一方比較例3のインダクタンス素子は、試験前は実施例1とほぼ同等の直流重畳特性を有していたが、高温試験500時間後では、直流電流3Aで直流重畳インダクタンスが約135μHに減少し、更に1000時間では著しくインダクタンスが劣化し、実用に耐え得ないものであった。

【0033】(実施例2)純度99.9%のSm、Fe、Ti、Bを用いてSm<sub>6.2</sub>Pr<sub>2.0</sub>Fe<sub>0.8</sub>B<sub>2.0</sub>Ti<sub>4.0</sub>N<sub>12.3</sub>の窒化物磁石粉末に対応した母合金組成に配合し、アルゴンガス雰囲気の高周波溶解炉で溶解し、その後、アルゴンガス雰囲気中で1150℃、20時間の均質化処理を行い、続いてこの母合金塊をジョークラッシャーとディスクミルを用いて粉碎した。次に母合金粉末を雰囲気加熱炉に仕込み450℃において窒素ガス1atm

気流中で5時間加熱保持し窒化処理を行い、続いてアルゴン気流中で420℃で1時間アニールした。この磁性粉末の平均粒径は10μmとした。前記磁性粉末をエポキシ樹脂と混練した後、10kOeの磁場中でプレス圧10ton/cm<sup>2</sup>で圧縮成形し、硬化のため140℃、1時間の熱処理を施して耐熱ボンド磁石を得た。このボンド磁石は6.2kOeと高い保磁力を得ることができた。

【0034】(実施例3)実施例2と同様の製造方法にて、Sm<sub>6.2</sub>Pr<sub>2.0</sub>Fe<sub>0.8</sub>B<sub>2.0</sub>Ti<sub>4.0</sub>N<sub>12.3</sub>の成分組成からなるボンド磁石を得た。磁性粉末の平均粒径は120μmとした。このボンド磁石は6.8kOeと上記ボンド磁石より高い保磁力を得ることができた。

【0035】実施例2及び実施例3で得た耐熱ボンド磁石を実施例1のインダクタンス素子に用いて、温度100℃の恒温槽中に2000時間放置し高温試験を実施した。本試験においても実施例2及び実施例3は試験前後の直流重畳特性値の差異が大変小さく、実施例1と同様に信頼性の高いインダクタンス素子を得ることができた。

【0036】

【発明の効果】本発明は上述した構成を有するので、挿入損失が低く、かつ長期的に電氣的特性が安定し、組立が簡易なインダクタンス素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

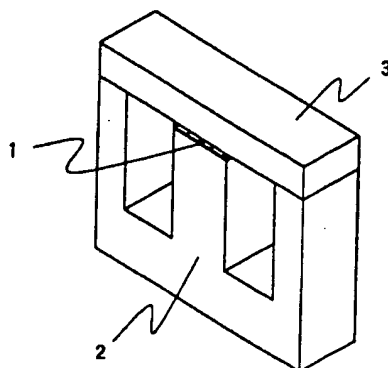
【図1】本発明の一実施例に係るインダクタンス素子の斜視図

【図2】本発明の実施例1と比較例3の高温試験500時間後の直流重畳特性図

【符号の説明】

- 1 耐熱ボンド磁石
- 2 E型コア
- 3 I型コア

【図1】



【図2】

